



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikainstituut

Madis Hunt

**ELEKTRILEVI OÜ 0,4 kV VOOLUTRAFODEGA
MÕÕTESÜSTEEMID, KONTROLL JA SELLE
VAJALIKKUS**

MEASURING SYSTEMS, CONTROL AND NECESSITY OF
ELEKTRILEVI OÜ 0,4 kV CURRENT TRANSFORMERS

Bakalaureusetöö

Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: Kalev Jõgi, tehnikakandidaat

Juhendaja: Eugen Kokin, dotsent

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Bakalaureuse lõputöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Madis Hunt		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Elektrilevi OÜ 0,4 kV voolutrafodega mõõtesüsteemid, kontroll ja selle vajalikkus			
Lehekülgi: 39	Jooniseid: 13	Tabeleid: 6	Lisasid: 6
Osakond / Õppetool: Energiakasutuse õppetool			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: T140 Energeetika			
Juhendajad: Kalev Jõgi, tehnikakandidaat. Eugen Kokin, dotsent			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2018			
<p>Elektrilevi OÜ on oma süsteemis kasutanud juba pikka aega bilansi mõõtesüsteeme. Dokumente selle tööliigi teostamiseks on paigaldise omanikul väga palju. Nende erinevate dokumentide vahel on väga keeruline algajal navigeerida.</p> <p>Eesmärgiks on võrrelda erinevate Elektrilevi OÜ 0,4 kV paigaldistes kasutatavaid bilansi mõõtesüsteemide paigaldust mast alajaamadesse. Samuti püüab autor selgitada mõõtesüsteemidele tehtavat kontrolli ja selle vajalikkust. Lisaks oli ka eesmärgiks uurida erinevaid mõõtesüsteemide kontrolli viise ja tuua välja põhilised puudused süsteemide ehitamisel ning kontrollimisel. Töös on kasutatud Empower AS-ile kuuluvaid mõõteseadmeid.</p> <p>Mõõtesüsteemide ehitusel ei saa läheneda alati hinnast. Oluline on leida terviklahenduse käsitletavale probleemile. Isegi kui hinna vahe on väike, aga suudetakse luua parem süsteem AJ teenindamiseks, siis autori arvates võiks seda teha.</p>			
Märksõnad: voolutrafod, bilansi mõõtmine, kontrollmõõtmised, alajaam			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bachelor's Thesis	
Author: Madis Hunt		Curriculum: Engineering	
Title: Measuring System, Control and Necessity of Elektrilevi OÜ 0,4 kV Current Transformers			
Pages: 39	Figures: 13	Tables: 6	Appendixes: 6
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering Field of research and (CERC S) code: T140 Energy research Supervisors: Kalev Jõgi, Technical Candidate. Eugen Kokin, Dot. Place and date: Tartu 2018			
<p>Elektrilevi OÜ has used its balance sheet measuring systems for a long time. The owner of the installation has a large number of documents for this type of work. It's very difficult for novice users to navigate through these different documents.</p> <p>The aim is to compare the installation of balance metering systems used in 0,4 kV switchgears of various Elektrilevi OÜ in the substation. The author also attempts to clarify the control of measuring systems and its necessity. In addition, the aim was to examine the various ways in which measuring systems were monitored and to identify the main weaknesses in the construction and control of systems.</p> <p>In the construction of measuring systems, you can not always approach the price. It is important to think that the problem you want to solve is a complete solution. Even if the price gap is small, but a better system can be created to serve the AJ, the author believes that this could be done.</p> <p>The author wants to investigate the future of medium voltage measuring systems.</p>			
Keywords: low transformers, balance measurements, control measurements, substation			

SISUKORD

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	5
SISSEJUHATUS	6
1. VOOLUTRAFOD MADALPINGE VÕRGUS	7
1.1. Voolutrafo.....	7
1.2. Mõõtesüsteem.....	7
1.3. Voolutrafode valik.....	9
1.4. Süsteemi tõrgeteta toimimine	11
2. ELEKTRIENERGIA ARVESTITE VALIK JA PÕHILISED PARAMEETRID	12
2.1. Nõuded elektrienergia arvestitele	12
2.2. Arvesti tüübid	12
2.3. Arvesti täpsusklass	14
2.4. Arvestilt loetavad andmed	14
3. ERINEVATE PAIGALDUSVIISIDE VÕRDLUS	15
3.1. Ohutus.....	15
3.2. Mastalajaama elektrienergia bilansimõõtmise.....	15
3.3. Mastalajaama bilansimõõtmise lahendus VMVT.....	15
3.4. Oht paigaldusel.....	17
3.5. Mastalajaama bilansimõõtmise lahendus MVT	17
3.6. Tehniline lahendus ja hind näidis paigalduste näitel	18
4. MÕÕTESÜSTEEMI KONTROLL	23
4.1. Visuaalne kontroll	23
4.2. Kontroll analüsaatoriga.....	24
5. MADALPINGE VOOLUTRAFODEGA MÕÕTE-SÜSTEEMI KONTROLL AKTI TÄITMINE JA VÕRDLUSMÕÕTMINE	27
KOKKUVÕTE	30
SUMMARY	31
KASUTATUD KIRJANDUS	32
LISA A. Näidis tööülesanne	33
LISA B. Näidis tööülesanne	34
LISA C. Näidis tellimus	35
LISA D. Näidis tellimus	36
LISA E. Madalpinge voolutrafodega mõõtesüsteemi akt.....	37
LISA F. Madalpinge voolutrafodega mõõtesüsteemi akt.....	38
LIHTLITSENTS.....	39

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

MAJ – Mast alajaam

VMVT – Välispaigalduse mõõte-voolutrafo

LCD – Vedelkristall ekraan

IP – Kaitseaste

ELV – Elektrilevi OÜ

S – Täpsusklass

P – Täpsusklass, kaitsetrafo

GPRS – Kauglugemiseks üldise raadio pakettandmeside teenuse sideühendust kasutav arvesti

PLC - Kauglugemiseks elektriliinside ühendust kasutav arvesti

MK – Mõõtekilp

LLK – lahutus- lühistusklemmid

kVA – kilovolt amper

AJ – Alajaam

A - Amper

SISSEJUHATUS

Meie igapäevase elu osa on elektrienergia tarbimine läbi erinevate seadmete. Keeruline on kujutada ette elu, kus vajutades lülile ei süttiks laes valgusallikas. Samuti igapäevases kasutuses olevad nutiseadmed, mis on saanud elu lahutamatuks osaks. Kõik need seadmed tarbivad vähemal või rohkemal määral elektrienergiat. Selle taga on aga väga suur süsteemi kogum, tänu millel on võimalik inimestel elada palju mugavamalt. Elektrienergia tarbimine tähendab tarbija jaoks ka selle eest maksmist. Sellest tingituna on kogu elektrivõrgu süsteemis oluline koht elektrienergia mõõtmisel. Siinjuures tuleb rõhutada, et mõõtetulemused peavad olema täpsed.

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks on võrrelda erinevate Elektrilevi OÜ 0,4 kV paigaldistes kasutatavaid bilansi mõõtesüsteemide paigaldust. Samuti selgitada mõõtesüsteemide tehtavat kontrolli ja selle vajalikkust. Eesmärgiks on uurida erinevaid mõõtesüsteemide kontrolli viise ja tuua välja põhilised puudused süsteemide ehitamisel ning kontrollimisel. Lisaks selgitada arvesti, voolutrafode ja juhistike valiku põhimõtteid. Samuti tutvustada mõõtesüsteemi kontrolli tehnoloogiat tänapäevase mõõteseadmega.

Voolutrafode paigaldamise vajadus tuleneb mitmest erinevast asjaolust. On erinevad põhjused miks kasutatakse selliseid mõõtesüsteeme ja sellest tulenevalt tekkis selle töö vastu autoril huvi uurida valikute tagamaad. Antud töö autor töötab Empower AS läänepiirkonnas, kus teostatakse enamik töid just Elektrilevile OÜ. Kogu tellitud tööde mahust on mõõtetööde osakaal üpris suur ja see tingib ka vajaduse teostama antud töid äärmise täpsusega. Saadud andmetest lähtudes oleks tulevikus võimalik teostada efektiivsemaid valikuid nii majanduslikke, kui ka aja kulu mõistes.

1. VOOLUTRAFOD MADALPINGE VÕRGUS

1.1. Voolutrafo

Voolutrafosid kasutatakse voolu mõõtepiirkonna avardamiseks. On erinevate omadustega voolutrafod mõõtesüsteemidele ja releekaitseks kasutavad. Esimesed on täpsed kuni nimivooluni, kuid ülekoormustel ja eriti lühise korral ebatäpsed. Teised aga vastupidi kuni nimivooluni esimesest ebatäpsemad, kuid lühiste ja ülekoormuste korral olulised täpsemad. Nendega komplekteeritakse ampermeetrid, vattmeetrid, arvestid, kaitseaparaadid. Voolutrafo koosneb suletud terassüdamikust, millele on paigutatud kaks mähist. Primaarmähis on enamasti väiksema keerdude arvuga ja ta lülitatakse energiatarbijaga järjestikku juhtmesse, mida mööda voolab mõõdetav vool. Suurema keerdude arvuga sekundaarmähis ühendatakse ampermeetri ja mõõteriistade voolumähistega, kusjuures nad on omavahel lülitatud kõik järjestikku. Voolutrafo tööpõhimõte on pingetrafoga analoogiline. Kuid viimasest erinevalt töötab voolutrafo lühisele lähedastes tingimustes, kuna mõõteriistade voolumähiste takistus on väike ($0,2 \dots 1,6 \Omega$) [1, lk 186].

Voolutrafosid kasutatakse suurte voolude transformeerimiseks mõõteriistadele ja kaitseseadmetele vastuvõetava väärtuseni – üldjuhul 5 A või 1 A. Voolutrafosid kasutatakse kõigil standardpingetel. Voolutrafo primaarmähise algust tähistatakse tähega S_1 ja lõppu S_2 . Sekundaarmähise algust tähistatakse tähega P_1 ja lõppu P_2 . [2, lk 133].

Oluline on see, et voolutrafo sekundaarmähis peab olema lühistatud kas läbi mõõteriistade, kaitseseadmete või spetsiaalsete klemmidega klemmiribal. On oht, et voolutrafo lahtistele otstele tekib eluohtlik pinge sekundaarse magnetmootorse voo puudumise tõttu. Et ära hoida ohtliku pinge tekkimist mõõteriistadele, siis maandatakse sekundaarmähise üks ots [2, lk 134].

1.2. Mõõtesüsteem

Kogu voolutrafodega mõõtesüsteem koosneb mõõtemähisest ehk voolutrafost, lahutuslühistus klemmidest, arvestist ja neid ühendavast juhistiku süsteemist. Elektrilevi OÜ poolt heakskiidu saanud bilansiarvestid loevad voolu tugevusega kuni viis ampri. Siit tulebki välja põhjus miks tekib vajadus kasutada voolutrafosid suuremate voolude korral. Elektrilevi

OÜ on kinnitanud ja heaks kiitnud tootjad, kelle toodangut võivad lepingu partnerid kasutada. Võrgu omanik määrab elektrivõrgu konfiguratsiooni. Kõige enam kasutusel EKAS tüüpi voolutrafosid (joonis 1), kuid on ka teisi (tabel 1.1.). Nende voolutrafode täpsusklassiks on 0,2 S või 0,5 S. On ka teiste täpsusklassidega voolutrafosid. Trafosid täpsusklassiga 0,2 S kasutatakse kommerts-mõõtmises. Täpsusklassiga 0,5 S kasutatakse muudel mõõtmistel näiteks bilansi mõõtmiseks. See tähendab, et nimikoormusel ei tohi vooluviga ületada 0,5% ja nurgaviga 30°. [3, lk 385]. See tagab täpse elektrienergia lugemise.

Tabel 1. Elektrilevi OÜ poolt heakskiidetud voolutrafo tüübid

Maaletooja	Valmistaja	Tehase tüüp	Nimiprimaarvool	Täpsus klass
A	1	2	3	4
1. Vallinn Baltic AS	Zelisko GmbH	EKAS	100...2500 A	0,2 S või 0,5 S
2. OÜ Pistrik I-V	Efen Sp. Z o.o	EPSA, EPSR	100...2500 A (4000) A	0,2 S või 0,5 S
3. OÜ Pistrik I-V	ELEQ b.v.	ERM	100...2500 A (4000) A	0,2 S või 0,5 S
4. ABB AS	ABB Sp Z o.o	ISW, IMW, KOKU	100...2500 A	0,2 S
5. ABB AS	ABB Sp Z o.o	ISW, IMP, IMS	100...2500 A	0,5 S
6. Eaton Electric SIA	Eaton Electric	HF4b, HF	100...5000 A	0,2 S või 0,5 S
7. OÜ Pistrik I-V	Fabrika Mernih	ST081	-	0,5
8. OÜ Pistrik I-V	Efen Sp. Z o.o	PSA, PSR	100...2500 A (4000) A	0,2 S või 0,5 S
9. Vallinn Baltic AS	Zelisko GmbH	GAR0,5	-	0,5

Trafosid täpsusklassiga 0,5S kasutatakse ka muudel mõõtmistel. Siinkohal võib välja tuua bilansi mõõtmisel ja ka omatarbe mõõtmisel. Kaitsevoolutrafodel võib viga suureneda suurte voolude korral ning aperiodilisest primaarlühisvoolust ja sellest tingitud südamikujääkvoost. Selliste trafode täpsus klass on 5 P ja 10 P [3, lk 385]. Kuid täpsusklass ei ole ainus valiku printsiip.

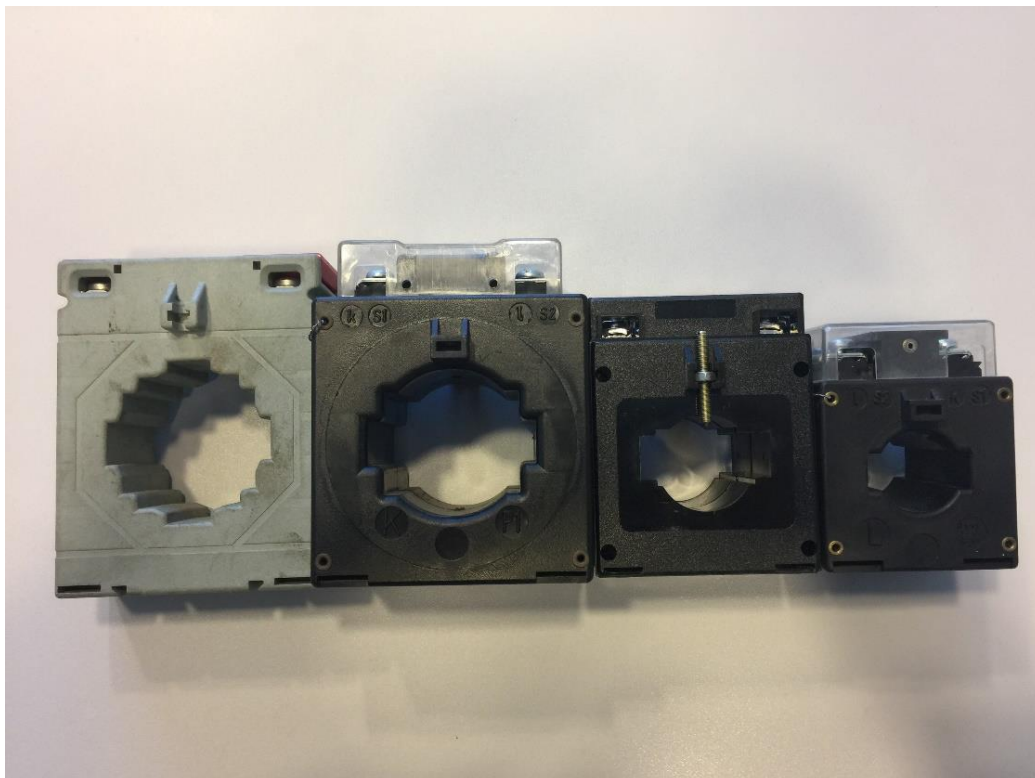


Joonis 1. Voolutrafo EKAS 3/31.

1.3. Voolutrafode valik

Valik on vaja teha mitme tähtsa aspekti vahel. Esiteks on vaja teada, kas elektri paigaldis ehitatakse välistingimustesse, või sisetingimustesse. Vaja on teada voolutrafo ava suurust. See on vajalik mitmel juhul erinevate tööde planeerimisel. Näiteks võib tuua olukorra, kus juba varem on paigaldatud primaarahelasse kaabel, mis oma parameetritelt vastab voolutrafo ava suurusele, kuid kaabel on otsastatud kaablikingaga. Kaabliking kas on otsa pressitud, või on kasutatud poltidega kaablikinga. Sellisel juhul on polte pingutatud niipalju, et poldi pead on vastavalt paigaldusjuhendile pingutustugevuse tõttu murdunud. Kummaldi juhul ei õnnestu varem otsastatud kaablikinga eemaldada. Järele jääb vaid kaks varianti. Võimalik on paigaldada suurema avaga voolutrafo, mis mahub varem paigaldatud kaabli kingast üle, või king maha lõigata ja paigaldada uus voolutrafo, ning seejärel kaablile uus kaabliking paigaldada. Võib ette tulla olukord, kus osutub vajalikuks jätkata kaablit, kuna kaablikinga maha lõikamisel kaabel enam ei ulatu. Võimalik on kasutada voolutrafod, mille ava on kas „aken“ tüüpi või „toru“ tüüpi. Aken tüüpi voolutrafod leiavad enamasti kasutust lattidele paigaldatuna. Toru tüüpi aga kaablitele. Kui ava suurus vastab nõutule, siis ei ole keelatud ka ristkasutus.

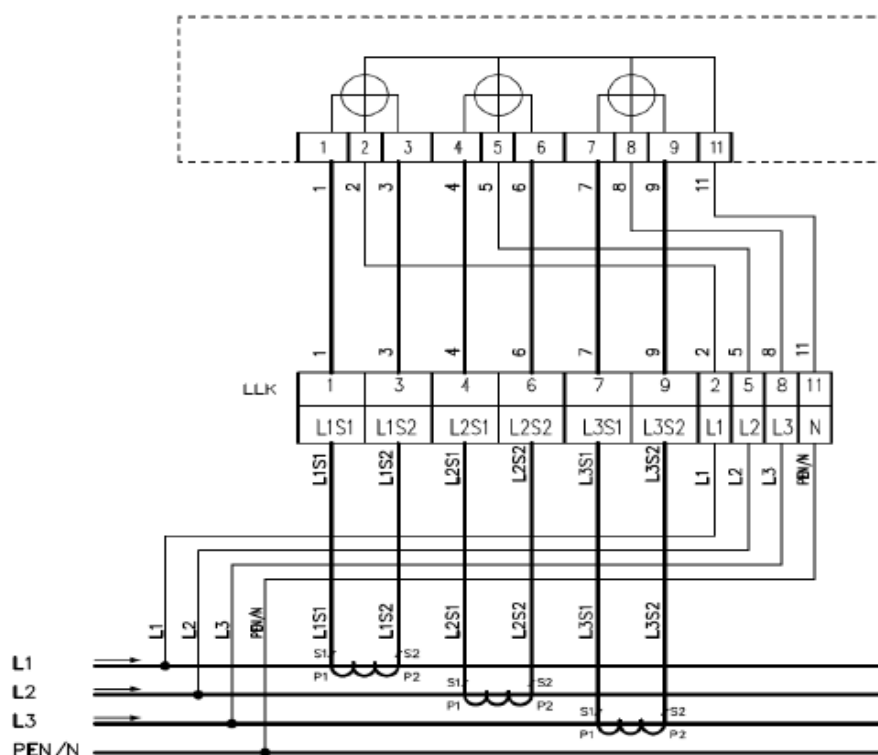
Oluline on teada ka nimiprimaarvoolu. Enim levinud suurused on 100, 150, 300, 600, 1000, 1500 ja 2500 amprit (joonis 2). Muidugi on võimalus tellida seadmed vastavalt projektile, kus on ette nähtud spetsiaalsete parameetritega voolutrafod. Sellisel juhul tuleb arvestada ooteajaga, mis võib kesta sõltuvalt tootmismahjust üpris kaua. Siinjuures tuleb arvestada aga oluliselt suurema maksumusega. Tänapäeva uued elektripaigaldised on ehitatud väga optimaalselt ja ülearust ruumi seal ei ole. Sellisel juhul tuleb valik teha ka voolutrafode gabariite arvestades. Oluline vahe on see, et kas voolutrafod on vaja paigaldada niinimetatud nõukogudeaegsesse elektripaigaldisse, või hoopis tänapäevasesse elektripaigaldisse. Paigaldiste välised mõõdud on sellega võrreldes kahanenud kordades. Näiteks võib tuua nõukogudeaegse kiosk alajaama tüübi ja Harju Elektri poolt toodetava HEKA VM tüüpi alajaama. Voolutrafosid iseloomustab ka võimsus ning sellest tuleneb ka sekundaarmähisega ühendatud ahela takistus ning seega ka juhtme ristlõige.



Joonis 2. Erinevate parameetritega VT.

1.4. Süsteemi tõrgeteta toimimine

Et süsteem toimiks tõrgeteta on vajalikud ka kindlad reeglid, mille järgi süsteeme ehitatakse ja nõuded mida arvestada valides seadmeid, millest ehitatakse hästi ja kaua toimivaid voolutrafodega mõõtesüsteeme. Selle juures on aspekte, mida tähele panna väga palju. Oluline on faasijärgnevus (joonis 3). Kuna seadmed on kallid, siis üks oluline valiku printsiip on pikk kasutusiga. Tuleb siin juures arvestada, et seadmeid ei paigaldata alati kindlate ja püsivate temperatuuri ja niiskustasemetega ruumidesse. Eestis paigaldatud voolutrafo peab vastama töötemperatuurile mis on -25 kuni +40 kraadi. Voolutrafo isolatsioon peab vastama klassile E mis tähendab, et mõõtemähis töötab kuni +115 kraadi juures. Selliseid süsteeme, mida ehitatakse või mis on juba ehitatud ja paigaldatud leidub väga palju. Tuleb arvestada optimaalsete omadustega ja ka hooldusvajadusega. Voolutrafod peavad olema tehases taadeldud. Eesmärk on ehitada funktsionaalselt sobivad ja ühilduvad süsteemid, mis nõuavad hilisemat minimaalset hooldust [4, 5].



Joonis 3. Mõõtesüsteemi ühendusskeem koos tähistusega [5].

2. ELEKTRIENERGIA ARVESTITE VALIK JA PÕHILISED PARAMEETRID

2.1. Nõuded elektrienergia arvestitele

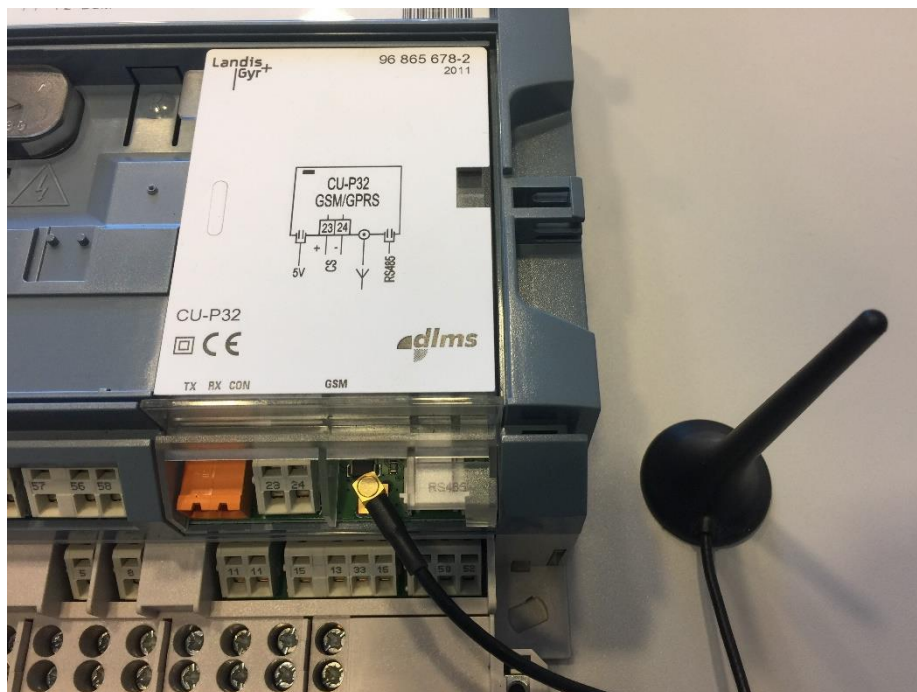
Voolutrafodega mõõtesüsteemis tuleb kasutada kombiarvestit. See on arvesti mis mõõdab aktiiv- ja reaktiivenergia tarbimist. Kombi arvesti mõõdab ka aktiiv- ja reaktiivenergia tootmise. Kasutusel on nii ühesuunalised, kui ka kahesuunalised arvestid. Välistatud on otseühendusarvesti mis töötavad voolul kuni 100 A. Selleks, et arvesti suudaks elektrienergiat mõõta tuleb voolutugevust eelnevalt vähendada, sest kombiarvestid mõõdavad voolu 1 A kuni 5A. Sellepärast kasutataksegi voolutrafosid. Mõõte meetod peab olema faasipõhine. See tähendab, et iga tarbitud ja toodetud energiakogus on salvestatud arvesti erinevasse registrisse. Eriti oluline on siinjuures ka see, et välistatud peab olema arvesti nullimine, sest manipuleerimine ei ole lubatud.

2.2. Arvesti tüübid

Elektrilevi OÜ enam levinud arvesti tüüpideks on ZMD (joonis 4) ja E600/E700. Arvestid saab jagada veel kahte kategooriasse. Seda saab teha andmete edastamise viisi eripärade kaudu. Kasutusel on PLC tüüpi elektrienergia arvesti ja GPRS tüüpi arvesti. Lühend PLC tuleb inglise keelsetest sõnadest power line communication ehk kauglugemiseks elektriliinide ühendust kasutav arvesti. Tähe lühend GPRS tuleb, aga sõnadest general packet radio service ehk kauglugemiseks üldise raadio pakettandmeside teenuse sideühendust kasutav arvesti [6]. Arvesti paigaldusel asetatakse spetsiaalsesse modemis SIM kaart vastavalt tellija soovile. Seda siis, kas 2G või 3G ühendusega. Arvestile tuleb ka antenn paigaldada (joonis 5). Võib esineda olukordi, kus on vajalik vaadata üle antenni asukoht, või paigaldada standard lahendusest suurem antenn. Seda sellepärast, et mõõtepunktid ei asu kõik suurtes asulates, mis on varustatud kvaliteetse mobiilsidega. Üldiselt kasutatakse voolutrafodega mõõtesüsteemis vaid GPRS tüüpi arvesteid [4, 5, 6].



Joonis 4. Elektriarveasti ZMD 410.



Joonis 5. Arvestis asuv modem SIM kaardi peaga. Paremal antenn.

2.3. Arvesti täpsusklass

Kolme faasiliste arvestite täpsusklass peab olema vähemalt B [12] ja seda aktiivenergia lugemisel. Reaktiivenergia lugemisel peab olema täpsusklass 2,0. Näitena võib veel tuua ühe ja kolmefaasilised otseühendusarvestid, kus täpsusklass peab olema A, kuid neid arvesteid antud tööjuures ei käsitle. Tulenevalt Eesti riigi kliimaatilistest tingimustest peavad arvesti korpused vastama vähemalt kaitseklassile IP 51. Arvesti töötemperatuur peab vastama -40 kraadi kuni +55 kraadi. Tänapäeva uued arvestid omavad LCD ekraani ehk vedelkristall ekraani. Vastavalt nõuetele peab näit olema loetav kuni -25 kraadini. Kuna tegemist on kaugloetavate arvestitega, siis siinjuures ei ole oluline tulemi lugemine otse ekraanilt. Kõiki näite on võimalik jälgida distantisilt ja seda igal ajal ja kohas, kus on olemas vastavad võrgu monitoorimise seadmed. Arvesti näit peab kasvama kumulatiivselt. Iga arvesti ekraanilt on võimalik jälgida vähemalt kolme registrit. Need on näidud üld, päev ja öö. Kombi arvestist ekraanilt on võimalus näha veel faasipinget, faasivoolu eraldi iga faasi kohta. Kolmefaasilise bilansiarvesti maksimaalvool võib olla vaid kuus ampri. Lisaks aktiivvõimsust, mis on kolme faasi korral summaarne ehk kokku liidetud ning kellaaeg ja kuupäev. Kella täpsus peab olema pluss miinus 0,5 sekundit 24 tunni kohta + 23 kraadi juures [6, 7, 12].

2.4. Arvestilt loetavad andmed

Kõikidel arvestitel on ka tarbimist iseloomustav vilkuv led. Ekraanil võib paikneda veel lisaks sümboleid ja märke. Näiteks võib tuua faaside olemasolu tähistavad sümبولid L1, L2 ja L3, ning võimalike häiringute monitooringuks asümmeetria, vale voolu suuna ja vale faasijärjestuse sümبولid. Arvesti mõõdetavad näidud vahelduvad ekraanil automaatselt iga 15 sekundi järel. Muidugi on võimalik ka rohkem tulemeid ja hetkeolukorda iseloomustavaid parameetreid arvesti ekraanilt lugeda, kuid need nõuavad juba suuremaid tehnilisi teadmisi. Uutel arvestitel on ka sisemälu, mis suudab salvestada andmeid kuni kaks kuud. Selle jaoks on arvestisse tehase poolt paigaldatud sisemine reservtoide, ehk patarei, mille eluiga peab olema vähemalt 10 aastat [6, 7]. Patarei peab olema vahetatav. Elektrienergia arvestil peab olema tehasepoolt kontrollitud. Eraldi taatlust tellija poolt enam ei teostata. Kontroll kehtib üldjuhul 10 aastat. Kõik arvestid peavad vastama Elektrilevi OÜ poolt kehtestatud mõõtudele ja parameetritele, et neid oleks võimalik paigaldada ja kasutada.

3. ERINEVATE PAIGALDUSVIISIDE VÕRDLUS

3.1. Ohutus

Töö planeerimisel peab lähtuma paigaldise omaniku poolt kehtestatud normidele ja õigusaktidele. Enne mingit toimingut sooritamist elektripaigaldises tuleb välja selgitada elektrilised riskid. Selle alusel tuleb määrata, kuidas tuleb sooritada ja milliseid ohutusmeetmeid tuleb ohutuse tagamiseks rakendada [8].

Elektritöö ettevõtja peab pärast elektritöö tegemist veenduma mõõtmis- ja katsetulemuste, visuaalkontrolli ning elektriseadmete või –paigaldise dokumentatsiooni alusel, et elektriseade või –paigaldis või tehtud elektritöö vastab õigusaktides sätestatud nõuetele ning seda kirjalikult kinnitama [8].

Kui elektritöö ettevõtja tuvastab, et elektriseade või paigaldis ei vasta õigusaktides sätestatud nõuetele, peab ta sellest teatama elektripaigaldise eest vastutavale isikule [8].

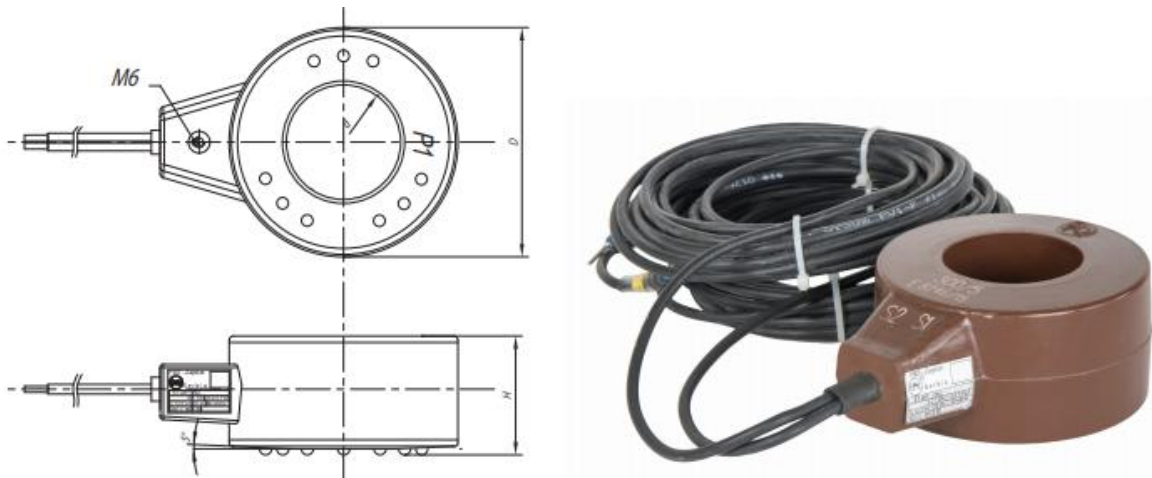
3.2. Mastalajaama elektrienergia bilansimõõtmise

Bilansimõõtmine on mõõtmine, mis kontrollib ühe kindla AJ piirkonna elektritarbimist. Võrguettevõtja saab tulemuse mida võrrelda tarbijatelt saadud elektrinäitudega. Kui on kõrvalekaldeid mõõtmistulemustes, siis saadetakse tööühm piirkonda mõõtmisviga tuvastama. Et aru saada millised on VMVT ja mõõtekilbiga HELK 4 MT eelised ja puudused, siis võrdleme järgnevalt kahte paigaldus viisi. Tegemist on töövõtja mõistes standard lahendusega ja seega on süsteemide vahe võimalik välja tuua. Mõlemad mõõtesüsteemid on paigaldatud MAJ-ma. See tähendab, et süsteemid on ehitatud töötamiseks välitingimustes.

3.3. Mastalajaama bilansimõõtmise lahendus VMVT

Mastalajaama bilansimõõtmine tehniline lahendus välispaigaldises 0,4 kV mõõtevoolutrafoodega on ELV süsteemis alles üsna uus lahendus. Sellise lahenduse puhul on kasutusel volutrafo tüübitähisega ST081 (Joonis 6). Voolutrafo paigaldatakse jaotustrafo

0,4 kV läbiviikisolaatoitele. Antud lahendust kasutatakse mastalajaamas, kuhu soovitakse paigaldada bilansimõõtmine [9].



Joonis 6. Voolutrafo ST081 [10].

Elektrilevi OÜ jaotusvõrgus on MAJ kasutusel üle 150 erineva tüüpi trafo võimsuses 30 kVA kuni 250 kVA. Sellest lähtuvalt on trafode 0,4 kV läbiviikisolaatorid eri kuju ja eri suurustega. Erinevad on ka vahekaugused. Tuleb arvestada, et VMVT lame või trapetsoidne (joonis 7) paigaldusviis ei pruugi kõigile trafodele sobida. VMVT peab olema varustatud kalibreerimist tõendava kleebisega [9].



Joonis 7. VMVT trapetsoidne paigaldus.

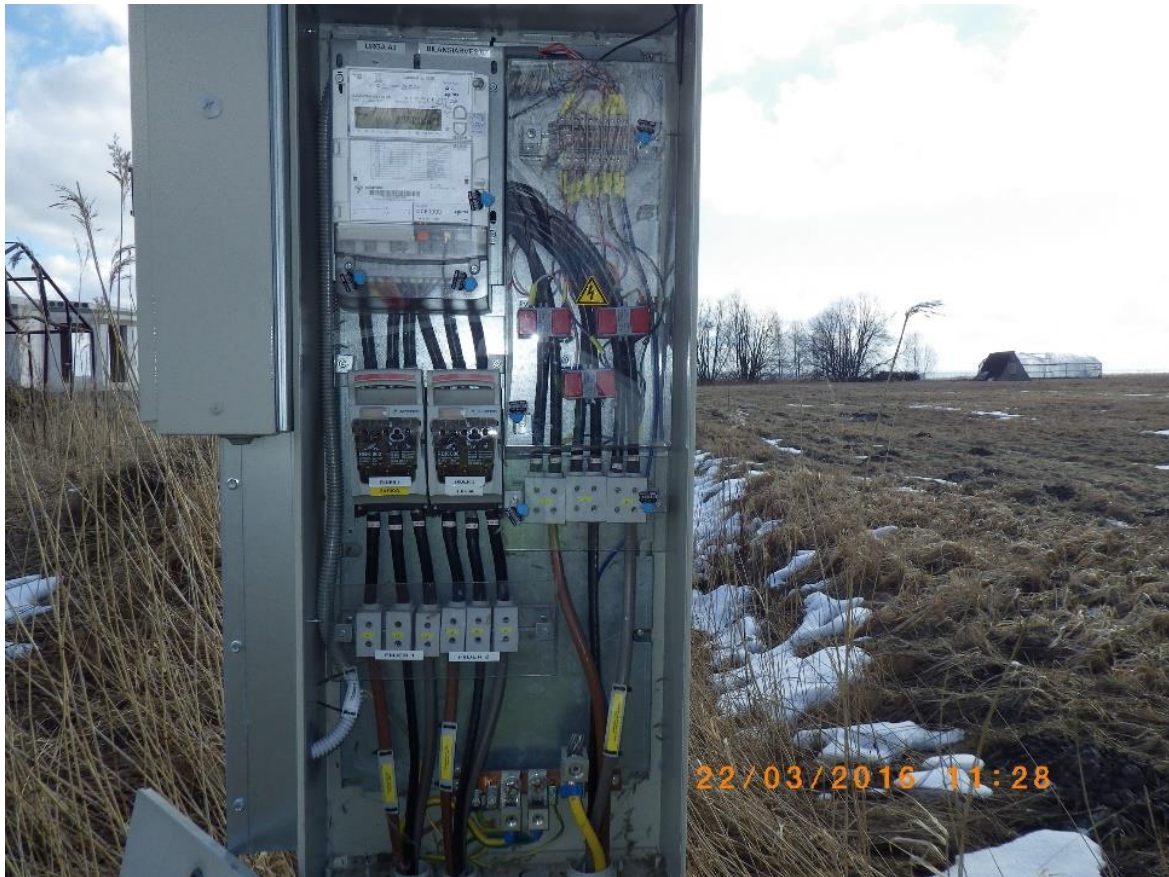
Pingeahelate kaabel ja VMVT sekundaar juhistik paigaldatakse UV kindlasse kaablikaitsetorusse. Et vähendada mõõteviga peavad ühenduskaablid olema võimalikult lühikesed. AJ postile paigaldatakse MK koos bilansiarvesti ja LLK [9].

3.4. Oht paigaldusel

Töö autori arvates on trapetsoidne paigaldusviis küllaltki ohtlik. Mitme erineva töö käigus tekkis olukord, kus trafo 0,4 kV läbiviikisolaator jäi lühikeseks normaalsel paigaldusel. Kuna VMVT on oma gabariidilt küllaltki suur, siis väiksematel 10/ 0,4 kV trafodel on antud lahendust küllaltki problemaatiline kasutada. On oht, et trafo läbiviigul olevat mutrit ei saa hiljem enam korralikult kinnitada. Arvestada tuleb trafo tootjapõhist pingutusmomenti [9].

3.5. Mastalajaama bilansimõõtmise lahendus MVT

Mastalajaama bilansimõõtmiseks on olemas ka lahendus, kus mõõtesüsteemi paigaldamiseks kasutatakse kilpi HELK 4MT. Selline lahendus on komplektne. Ehitajale on antud kilp, mis on juba tehases komplekteeritud (joonis 8). Ehitaja ülesanne on vaid kilbi paigaldus alajaama. Tööd planeerides on töövõtja teinud materjalitellimuse ELV partnerile ja mõõtekilp komplekteeritakse tehases parameetritele vastava süsteemi.



Joonis 8. MAJ paigaldatud HELK 4 MT.

Antud kilbi tootjaks on Harju Elekter. Standard toode sisaldab arvestimutritega montaažiplaati, hülssistatud ja markeeritud juhtmestiku, ning sisend ja väljund klemme. Trafomõõtmisega kilp sisaldab voolutrafosid 150/5 A 0,2 S ja kolme 000- gabariidi sulavkaitselüliti või kolme elektroonilise vabastiga kaitseautomaati [11].

Kilp on mõeldud paigaldamiseks välitingimustesse. Kilbile on omistatud kaitseaste IP 34D. Võimalus on paigaldada postile, seda nii raudbetoon kui ka puit postile vastavate tarvikute abil. Samuti on võimalik paigaldada vundamendile või seinale [11].

Antud töös vaatleme kilpe miss on kinnitatud puit postile.

3.6. Tehniline lahendus ja hind näidis paigalduste näitel

Autor võrdles bilansimõõtesüsteemi paigaldamise kulusid nii materjalile, kui ka seadmete paigaldusele kahe erineva lahenduse paigaldusel. Materjali hindade aluseks on ELV ja

materjali tarnija vaheline leping. Töö hindade aluseks on leping ELV ja Empower AS-i vahel.

Elektritöö ettevõtja jaoks saab kõik alguse töö tellimusest [lisa C, D]. Töö tellimus on see, mis määrab ära kõik kasutatavad seadmed. Kirjeldatud on töö aeg ja koht, samuti põhimaterjalid. Oluline on teada, et bilansiarvesti pingeahelate toide tuleb võtta MAJ 0,4 kV pealatistusest [5]. Kasutada tuleb isolatsiooni läbistavaid klemme, milleks on valitud SLIW 54 (joonis 9).



Joonis 9. Isolatsiooni läbistavad klemmid (sinisega).

Järgnevates tabelites väljatoodud Randlane AJ VMVT paigaldustöödeks (tabel 3.1.) ja materjalile (tabel 3.2.) kulunud summa. Selle töö autor peab siinkohal täpsustada, et tunnihind (tabel 3.1) antud töö sisaldas tegevusi, mis hinnatabelis nimeliselt puuduvad. Antud juhul sisaldas see tegevus tehnilise lahenduse koostamist, DWG- formaadis skeemiparanduse koostamist, voolutrafodega mõõtesüsteemi kontrolli analüsaatoriga ning koostöös Ericsson Eesti AS-i klienditoega kauglugemise testimist [5].

Tabel 3.1. Randlane AJ KMVT paigaldus kulud.

Töö nimetus	Kogus	Ühik	Ühiku hind €	Maksumus €
Liitumiskilbi paigaldamine mastile	1	tk	257,45	257,45
Madalpinge mõõtetetrafoodega mõõtesüsteemi paigaldus	1	kmp	220,67	220,67
Arvesti paigaldamine	1	tk	66,87	66,87
Tunnihind	5	h	28,73	143,65
Kokku			573,72	688,64

Tabel 3.2. Paigaldatud Randlane AJ materjal ja selle maksumus.

Toote nimi	Kogus tk/ m	Ühik	Hind €	Kokku €
H-25 number	1	tk	0,43	0,43
EXM-W 25	25	m	0,36	9,00
MWTM 25/8	1	tk	2,06	2,06
NY-Y-J 4x2,5	7	m	1,63	11,41
Atum- 6/1200	1	tk	2,44	2,44
LVK 4-35mm	2	tk	2,71	5,42
EKK 6 DIS	5	tk	0,74	3,70
MK 6 KORO	6	m	0,93	5,58
Hülss 6/18	5	tk	0,05	0,25
XMAR 106-8	1	tk	0,15	0,15
ELV kleebis	1	tk	2,11	2,11
H-25 nr 7	1	tk	0,43	0,43
H-25 nr M	1	tk	0,43	0,43
H-25 nr K	1	tk	0,43	0,43
H-25 taust pl	1	tk	4,206	4,21
Otsahülss 2,5	4	tk	0,04	0,16
SLIW 50	4	tk	1,62	6,48
MAR-CON	3	tk	0,449	1,35
SMA 410CT	1	tk	488,57	488,57
HELK MK	1	tk	178,4	178,40
MAK 62/40	3	tk	39,5	118,50
Kokku			727,685	841,50

Järgnevatel tabelitel toob autor välja kulud HELK 4 MT süsteemi paigaldamisel. Antud juhul puudus vajadus kasutada hinnaposisiooni madalpinge mõõtetetrafoodega mõõtesüsteemi paigaldus (tabel 3.3.), kuna HELK 4 MT on need juba tehasepoolt paigaldatud. Küll aga tuleb arvestada sarnaselt Randlane AJ tööde tunnihinna selgitustega.

Tabel 3.3. Urga AJ HELK 4 MT paigaldus kulud.

Töö nimetus	Kogus	Ühik	Ühiku hind €	Maksumus €
Mõõtekilbi paigaldamine mastile	1	tk	330,00	330,00
Arvesti paigaldamine	1	tk	66,87	66,87
Tunnihind	5	h	28,73	143,65
Kokku			425,6	540,52

Materjalide tellimisel tuleb arvestada, et HELK 4 MT on tehasepoolt komplekteeritud. Seega on materjalide tellimisel positsioone oluliselt vähem (tabel 3.4.).

Tabel 3.4. Urga AJ HELK 4 MT paigaldus.

Toote nimi	Kogus tk/ m	Ühik	Hind €	Kokku €
ELV kleebis	1	tk	2,11	2,11
MK 6 KORO	6	m	0,93	5,58
SMA 410CT	1	tk	488,57	488,57
HELK 4 MT	1	tk	560,00	560,00
LVK 4-35mm	4	tk	2,71	10,84
Kokku			1054,32	1067,10

Kuna MVT asub HELK 4 MT-s, siis 10/04 kV trafo pealne jääb muutmata. Mastile paigaldatud kilp on aga massiivne, ning takistab postiraudadega ronimist (joonis 10).



Joonis 10. HELK 4 MT paiknemine mastil.

Kahe erineva paigaldist võrreldes saame väita, et hetkel kehtivate hindade järgi, seda nii materjalile, kui ka tööle on VMVT paigaldus soodsam 77,48 eurot (tabel 3.5.). Kui läheneda paigaldusviiside tehniliste lahenduste poolt, siis Urga AJ paigaldatud HELK 4 MT on oluliselt mugavam kasutada. Kõik 0,4 kV lülitid ja kaitsmed on kergesti ligipääsetav. Oluliselt mugavam, kiirem on teostada mõõtesüsteemi kontrolli. Kõik lülitusaparatuur on kaitstud ilmastikunähtuste eest.

Tabel 3.5. Paigaldus viiside rahaline vahe.

Toode	Randlane AJ €	Urga AJ €
Töö hind	688,64	540,52
Materjali hind	841,5	1067,1
Kokku	1530,14	1607,62

Kui on tellitud vaid VMVT paigaldus, siis sellega lahendatakse vaid bilansimõõde osa. See tähendab, et kogu muu elektriskeem jääb muutmata kujule. Sulavkaitse lülitid on kõrgel MAJ külge paigaldatud (joonis 9.). Raskendatud on nii lülitamine, kui ka kaitsmete kontroll. Ajalist kulu paigaldusel ei ole siinkohal arvesse võetud, kuna töö toimub ühik hindade alusel ja eraldi tunniarvetust ei peeta. Tegemist on piisavalt ajamahuka tööga ja muude tellimuste täitmine samal päeval oleks väga komplitseeritud.

Uue MAJ ehitusel eelistaks selle töö autor HELK 4 MT lahendust, kuna see tagab parema teenindus võimaluse. Kui aga tekib vajadus ehitada bilansi mõõtesüsteem juba varem ehitatud MAJ, siis hinnant oleks kõige soodsam paigaldada VMVT lahendus. Kuid siin kohal peab autor oluliseks mainida, et mõelda tuleks terviklahendusele ja seda pakub Harju Elektri poolt toodetav HELK 4 MT.

4. MÕÕTESÜSTEEMI KONTROLL

4.1. Visuaalne kontroll

Mõõtesüsteemi kontrolliks on mitmeid erinevaid võimalusi. Esiteks võib välja tuua visuaalse kontrolli. Tähelepanelikult tuleb jälgida kõikide mõõteahelat ühendavate juhtmete vastavust skeemile (joonis 3). Siit tuleb ka välja vajadus kõrgendatud tähelepanuga kontrollida juba varem paigaldatud mõõtesüsteeme. Võib esineda olukordi, kus juba varasemalt paigaldatud vanem süsteem on ühendatud valesti ja arvesti on vähem lugenud. Elektritööd tegeval isikul on tööd tehes eksimisvõimalusi mitmeid.

Kuna süsteemis on ühenduskohti mitmeid, siis võib juhtuda, et on ka tehtud mitmeid vigu. Tuleb pidada väga oluliseks, et iga juhe oleks eraldi üle kontrollitud. Kogu süsteemi korraga üle vaatamine ei ole otstarbekas. Juhtmeid on korraga jälgimiseks liiga palju. Tihti ei ole varem paigaldatud sekundaarahela juhtmetele tähisteid. Võimalusel tuleks need lisada. Varasemalt on kasutusel olnud mitmeid erinevaid marki juhtmeid. On värvilisi juhtmeid – spetsiaalne voolutrafo ja lühistus lahutus klemmide ning arvesti ühendamiseks mõeldud juhe mis omab värve oranž, läbipaistev ehk värvitu, lilla, roosa, punane, valge, pruun, must, hall ja sinine ning kannab tähist ÖPVC-OB 10x2,5. Veel on juhtmeid, millele on tehase poolt kantud vaid numbrid ja juhe ise on musta värvi isolatsiooniga. Numbrid on juhtmel mingi kindla vahekauguse järgi. Lisaks on olemas ka juhtmed, mis on ilma igasuguse tähistuseta. Sellisel juhul on mõistlik juhet installeerides koheselt ka tähistus paigaldada vastavalt joonisele (joonis 3).

Oluline on jälgida voolutrafo primaarvoolu suunda, mis peab olema klemmilt P1 suunaga klemmile P2. Lisaks tuleb jälgida ühendatud sekundaarskeemi korrektsust vastavalt skeemile. Siin tuleb jälgida suund ühendusel S1 on sisendklemmilt suunaga S2 väljundklemmi poole. Tähelepanu tuleks pöörata, et ei oleks toimunud ülekuumenemist. Ühenduskohad ei tohiks olla värvimuutnud, või sulanud, ning põlenud. Selline mõõtesüsteem ei ole töökindel ja vajab kindlasti põhjalikumat kontrolli. Ainuüksi juhtme õige ühenduse jälgimisest ei piisa. Vajalik on kontrollida voolutrafo ülekande õigsust. See on üks olulisemaid ja tõhusamaid viise, kuidas vältida vigu.

4.2. Kontroll analüsaatoriga

Teiseks võimaluseks kontrollimine spetsiaalse mõõteseadmega, mis näitab kas mõõtesüsteem on ehitatud ja paigaldatud korrektselt, või mitte. Erinevaid kontrolli vahendeid tootvaid ettevõtteid on mitmeid, kuid antud töö raames on kasutatud mõõtevahendit Kyoritsu, mudelitähisega 6300 (joonis 11).



Joonis 11. Võrguanalüsaator Kyoritsu 6300.

Enne sellist tüüpi mõõteriistaga tööle asumist on vaja läbida mitmest punktis koosnev protseduur. Esiteks on vaja tuvastada faasijärgnevus mõõtekohas. Selleks saab kasutada faasijärgnevuse indikaatorit. Järgnevalt tuleb mõõta ampertangidega orienteeruv vool kõigis faasides. Antud töö läbiviimisel oli vool kõigis faasides olemas. Ette võib tulla ka olukordi, kus koormus puudub. Selline olukord leiab aset, kui ehitatakse täiesti uut mõõtesüsteemi ja liin ei ole koormatud. Lisaks või esineda olukord, kus vool on alla ühe protsendi voolutrafo primaar nimivoolust. Sellisel juhul tuleb paigaldada lisakoormus [5]. Üldjuhul kasutatakse selleks töökohale kaasavõetud kolmefaasilist kütteseadet, kuid antud töö raames ei olnud selleks vajadust. Visuaalse vaatlusega tuleb üle kontrollida juhtmetähiste, või värvide järgi arvesti ühendusskeem (joonis 3). Kontrollima peab üle ka arvesti ekraanil kuvatavad näidud, et näitude alusel ei esineks vigu. Kontrollida tuleb võrguanalüsaatori seadete positsioonid üks kuni kaksteist sobivust kontrollitava objekti jaoks.

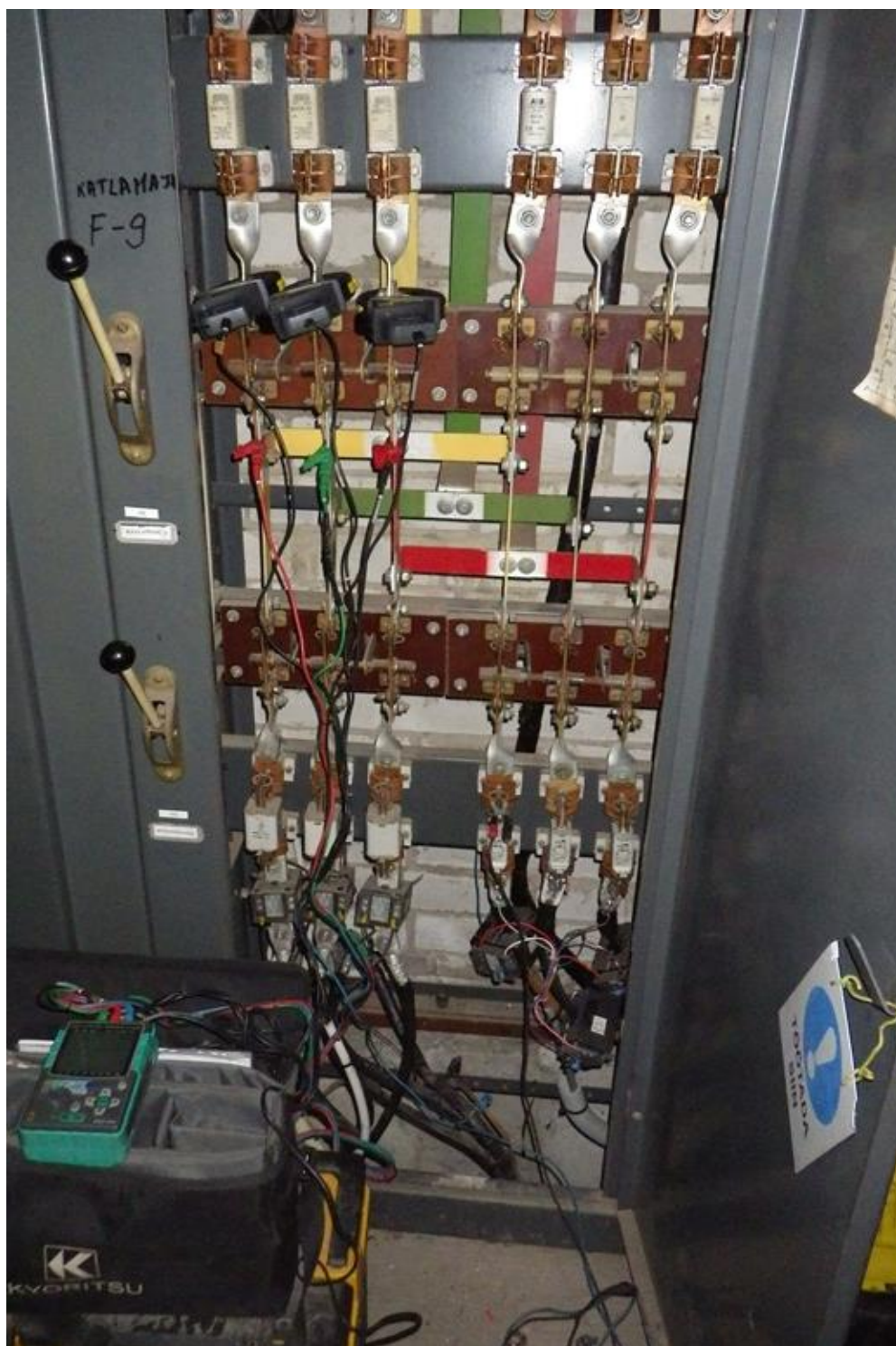
Nullida ekraanil olevad eelmise mõõtmise näidud, seda juhul, kui selline tegevus on eelnevalt teostamata. Ning viimasena veenduda, et analüsaatori mälukaardil oleks piisavalt vaba ruumi salvestuseks. Tegemist on RCF-X tüüpi 128 MB mälukaardiga. Tavaolukorras mahub mälukaardile 20 faili. Peale ettevalmistuste tegemist on võimalus hakata võrguanalüsaatorit ühendama. Kuna tegu on pingestatud elektri seadmega, tuleb alati jälgida kõiki ohutust tagavaid protseduure.

Kõik elektriseadmed, mis on ettenähtud elektrienergia tootmiseks, edastamiseks, muundamiseks, jaotamiseks ja kasutamiseks. Siia kuuluvad ka primaarelelemendi- ja akupatareid, kondensaatorid ja kõik muud salvestava elektrienergia allikad [8].

Elektripaigaldis on näiteks elektrijaam, elektrivõrk, jaotusvõrgu piirkond, alajaam, elektriülekanaliin, aga ka madalpingekilp koos väljuvate fiidritega, tootmishoone elektriseadmed, büroohoone elektriseadmed [8].

Analüsaatori paigaldamisel on tegemist pingealuse töötsooniga. Pingestatud osi ümbritsev ruumiosa, mille isolatsioonitase ei väldi elektriohtu, kui sellesse ulatuda või siseneda ilma kaitsemeetmeid kasutamata [8].

Valida tuleb sobivad kohad analüsaatori toite- ja mõõtejuhtmete ühendamiseks. Võimalusel tuleks toide võtta pistikupesast, kui see ei osutu võimalikuks, siis eelnevalt just selleks paigaldatud ajutisest pistikupesast, mis oleks varustatud rikkevoolu kaitsmega. Kui ikkagi ei soovita kasutada võrgutoidet, on võimalus kasutada ka patareitoidet. Sellisel juhul on vaja jälgida, et patareid ei oleks tühjad. Sellises olukorras võib mõõtmine katkeda ja kogu protsess tuleb läbida uuesti. Peale eelpool nimetatud toiminguid on võimalus asetada vooluadapterid. Võimaluse korral tuleks need paigaldada isoleeritud faasijuhtidele. Siin tuleb jälgida, et adapteril olev nool oleks suunas trafolt tarbijale. Analüsaatori pingeahelate ühenduskohaks oleks kõige parem lühistus lahutus klemmid. Mõningatel juhtudel on need juba varem plommitud. Sellisel juhul tuleks valida mõni teine võimalikult ohutu koht, et ühendada. Järgmisena tuleb hoolikalt jälgida, et analüsaatori mõõtejuhtmete ühendamisel faasid segamini ei läheks (joonis 12).



Joonis 12. Võrguanalüsaatori paigaldus.

5. MADALPINGE VOOLUTRAFODEGA MÕÕTE-SÜSTEEMI KONTROLL AKTI TÄITMINE JA VÕRDLUSMÕÕTMINE

Kontrollmõõtmine lõpeb akti täitmisega. Elektrilevi OÜ on sellise mõõtmise kirja panekuks loonud dokumendi, mida tähistatakse numbriga V236/3 [lisa C]. Nagu iga dokumenti täites tuleb jälgida, et etteantud vorm on nõuetekohaselt täidetud. Nõutud on kirjed mõõtepunkti, arvesti ja voolutrafo kohta. Kuna tegemist on ametliku dokumendiga, mis kirjeldab olukorda, kuidas on mõõtesüsteem ehitatud, siis on nõutud akti taha küljele joonistada ka mõõtepunkti ühenduste põhimõtteline skeem [lisa D]. Täita tuleb arvesti registrite alusel tabeli lahtrid arvesti näitudega.

Järgnevalt saab sisse lülitada võrguanalüsaator. Analüsaator tuleb sisse lülitada positsioonile W ja kirjutada akti nii arvestilt, kui ka võrguanalüsaatorilt saadud tulemused voolude, pingete, pingefaktorite, kui ka võimsuste kohta. Siin kohal võib tulla ette erinevusi. Sellisel juhul peaks üle kontrollima uuesti analüsaatori ühendused ja vajadusel veel ka kogu paigaldatud süsteemi. Kui need toimingud on tehtud, võib edasi liikuda akti täitmisega, kus kirja tuleb panna andmed arvesti registritest 81.7.0 kuni 81.7.6. Siit saab andmed pingete ja voolude vaheliste nurkade kohta. Tähele tuleb panna seda, et kõikide faaside pinge ja voolu vaheline nurk ϕ peab absoluutväärtuselt jääma $\leq 90^\circ$. Juhul, kui number on suurem, siis see võib viidata vigadele arvesti juhtmete ühenduses. Sõltuvalt koormusest ja arvesti lugemise kiirusest tuleb otsustada, kas võrdlusperioodiks võtta arvesti näidu täisarvu kWh-de võrra edasiliikumiseks vajalik aeg, mis on minimaalselt 1 minut, või lugeda arvestilt impulsse. Impulsse tuleb lugeda minimaalselt vähemalt 50 (joonis 13 ja joonis 14).



Joonis 13. Võrdlusmõõtmine.



Joonis 14. Impulsside lugemine.

Nüüd saab lülitada võrguanalüsaatori positsioonile Wh, ning käivitada sobival momendil näiteks näidu muutmise hetkel arvestil. Kui loetakse impulsse, siis impulsside lugemist alustada alates rohelise signaaltule süttimisest.

Mõõtmise toimimist näitab aja ning energiakoguse näitude suurenemine. Mõõtmine tuleb lõpetada kas siis näidu järjekordsel kWh väärtuse muutmisel, või piisava koguse impulsside täitumisel. See tähendab, et impulsse tuleb lugeda rohelise signaallambi kustumiseni. Järgnevalt saab mõõtesüsteemi kontrollaktile kirja panna arvestijärgi ja võrguanalüsaatoriga määratud energiakogused. Samuti ka loetud impulsside arv ja arvutada mõõte erinevus vastavalt ette antud valemile [5]

$$\left(\frac{W_{arv} - W_{va}}{W_{va}} \right) \cdot 100,$$

kus W_{arv} on arvesti poolt mõõdetud elektrienergia kWh;

W_{va} – kontrollmõõteriista poolt mõõdetud elektrienergia kWh.

Arvesti impulssväljundit kasutades väljendub mõõdetud energiakogus valemiga

$$W_{arv} = \frac{n}{C_a} \cdot k_{VT},$$

kus C_a on arvesti konstant, ehk impulssi kaal imp/kWh;

n - impulsside arv mõõtmisperioodil;

k_{VT} – voolutrafo ülekanalitegur.

Mõõtmiste lõpetamisel tuleb samuti jälgida kõiki ohutusreegleid ja ühendada mõõtmejuhtmed elektripaigaldise küljest lahti. Lähtuvalt kehtestatud korrast paigaldada mõõtmiste ajaks eemaldatud kõik katted ja plommida.

KOKKUVÕTE

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks on võrrelda erinevate Elektrilevi OÜ 0,4 kV paigaldistes kasutatavaid bilansi mõõtesüsteemide paigaldust mast alajaamadesse, mis on ehitatud puit mastile. Samuti püüdis autor selgitada mõõtesüsteemidele tehtavat kontrolli ja selle vajalikkust. Lisaks oli ka eesmärgiks uurida erinevaid mõõtesüsteemide kontrolli viise ja tuua välja põhilised puudused süsteemide ehitamisel ning kontrollimisel. Töö autor selgitas arvesti, voolutrafode ja juhistike valiku põhimõtteid. Samuti tutvustadas mõõtesüsteemi kontrolli tehnoloogiat tänapäevase mõõteseadmega.

Antud töö laiem eesmärgiks on, et kui tutvustada käesoleva tööga milleks on Elektrilevi OÜ 0,4 kV voolutrafodega mõõtesüsteemid, kontroll ja selle vajalikus, siis võiks pädeva isiku järelvalve all proovida ise süsteemi paigaldust, ehitust. Kindlasti on vaja kogemust ja vilumust, et saaks kavandatud töö teostada mõistliku aja jooksul. Autor selgitanud ka akti täitmise vajadust ja vajalikkust. Protsessi läbi tehes selgusid mitmed erinevad kitsaskohad, mida on saanud ka siin töös selgitada.

Mõõtesüsteemide ehitusel ei saa läheneda alati hinnast. Oluline on mõelda, et probleem mida soovitakse lahendada saaks terviklahenduse. Isegi kui hinna vahe on väike, aga suudetakse luua parem süsteem AJ teenindamiseks, siis autori arvates võiks seda teha.

Antut teemaga tegeledes on valmistatud ka väikene infoleht, mida on jagatud ettevõtte töötajatele. Sinna on kantud põhiline ühenduse viis ja ühenduse skeem. See on osutunud äärmiselt vajalikuks info saamise kohaks kust saada esmast infot ühendus skeemide kohta.

Käesolev töö on andnud autorile Eesti suurima võrguvaldaja kehtestatud normidest väga hea ülevaate. Töö autor on antud valdkonnas töötanud juba üle kümne aasta, kuid antud töö on olnud igati kasulik saamaks teada täpset töökorda.

SUMMARY

The purpose of this bachelor's thesis is to compare the installation of balance measuring systems used by various Elektrilevi OÜ 0.4 kV installations in substations built on wood post. The author also tried to clarify the control and the necessity of measuring systems. In addition, the aim was to examine the various ways in which measuring systems were monitored and to identify the main weaknesses in the construction and control of systems. The author explained the principles of the choice of meters, flow transformers and control circuits. Metering control technology was introduced with a modern measuring device.

The broader goal of this work is that, if you introduce the current work, which is the measurement systems, control and necessary for 0.4 kV current transformers of Elektrilevi OÜ, then the competent person's supervisor could try to install and construct the system itself. There is definitely a need for experience and expertise so that the planned work can be carried out within a reasonable time. The author also explained the necessity and necessity of the implementation of the Act. Through the process, there were a number of different bottlenecks that could be explained here.

In the construction of measuring systems, you can not always approach the price. It is important to think that the problem you want to solve is a complete solution. Even if the price gap is small, but a better system can be created to serve the AJ, the author believes that this could be done.

A small newsletter, which is distributed to employees of the company, is also being prepared for the topic. It contains the main connection and the connection scheme. This has proven to be extremely necessary as a place to get information about community schemas.

This work has provided the author with a very good overview of the norms established by Estonia's largest network holder. The author of the work has been working in this field for more than a decade, but this work has been very useful for knowing the exact working procedures.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Popov, V. S.** (1966). Elektrimõõtmised ja mõõteriistad. Tallinn: Valgus. 512 lk.
2. **Altpere, E., Hansson, A., Hein, K., Kändler, E.** (1988). Elektrimontööri käsiraamat. Tallinn: Valgus. 328 lk.
3. **Meldorf, M., Tammoja, H., Treufeldt, Ü., Kilter, J.** (2007). Jaotusvõrgud. Tallinn: TTÜ kirjastus. 537 lk.
4. **Martinson, A., Karik, K.** (2018) J3263/4 Nõuded mõõtetöödele [Elektrilevi OÜ dokumendid] (01.05.2018)
5. **Martinson, A., Roopärg, R., Eerikson, V.** (2018) J3292/1 Madalpinge voolutrafodega mõõtesüsteemi kontrolli juhend [Elektrilevi OÜ dokumendid] (01.05.2018)
6. **Raestik, M., Vakkum, S.** (2018) J3321/1 Arvesti tüübi ja kontsentraatori planeerimise juhend [Elektrilevi OÜ dokumendid] (03.05.2018)
7. **Sirel, M.** (2018) P350/4 Nõuded arvestitele [Elektrilevi OÜ dokumendid] (01.05.2018)
8. **Aunapuu, V., ja töörühm.** (2015) J31/2 Elektripaigaldise käidu ohutusjuhend [Elektrilevi OÜ dokumendid] (03.05.2018)
9. **Sirel, M.** (2018) J3164/3 Mastalajaama bilansimõõtmise tehniline lahendus välispaigaldus 0,4 kV mõõte-voolutrafodega [Elektrilevi OÜ dokumendid] (05.05.2018)
10. **FMT koduleht.** (2018) [on line] Välispaigalduse mõõte-voolutrafod. <http://fmt.rs/niskonaponski-strujni-transformatori/> (05.05.2018)
11. **Harju Elekter koduleht.** (2018) [on line] Seinale või postile paigaldatavad liitumis- ja mõõtekilbid – HELK (IP 34D). <http://www.harjuelekter.com/et/content/helk-seinale-v%C3%B5i-postile-paigaldatavad-liitumis-ja-m%C3%B5%C3%B5tekilbid-ip34d> (05.05.2018)
12. **Sirel, M.** (2018) P397/3 Vahelduvvoolu elektrienergia mõõtmine [Elektrilevi OÜ dokumendid] (01.05.2018)

LISA A. Näidis tööülesanne

TÖÖÜLESANNE NR.		01403108		PÄRNU	
				ANDRES PUUSSAAR	
Kliendi nimi:	-			Telefon:	
Objekt:	RANDLANE AJ			Obj. telefon:	
Aadress:	PÄRNU AUDRU LINDI PAADI TEE 2 (RANDLANE AJ) -				
Tööd teostada:	15.04.2016 08:00 - 17:00			Kliendiga lepitud uus aeg:	
Teostatav töö:	70000 TELLIMUSE, PROJEKTIPÕHINE TÖÖ (LIITUMINE) 50009 BILANSIARVESTI PAIGALDUS 52004 VT MÕOTESÜSTEEMI KONTROLLMÕÖTMINE			Ajamuutus tingitud: kliendist <input type="checkbox"/> / töövõtjast <input type="checkbox"/> NA nr: 47-16-05220	
Lisainfo:	paigaldada bilansiarvesti sma410ct44.0089 5a gprs, v/t 150/5a 0,5. teostada mõõtmised. tööülesanne tuleb tagastada pärast selle täitmist kahe tööpäeva jooksul!				
MP ID:	38ZEE-02915043-0	Koordinaadid L-Est'92 süsteemis:	N(X) 6463153	E(Y) 516023	
Alajaam:	RANDLANE:(TÖSTAMAA)	Fiider:	TRAF0	MP ping:	04KV MP tüüp: K
Liitumispunkti kood:		kirjeldus:			
Näidud:	- (Päev), (Öö), (Rtarb), (Rvõrk); AT				
OLEMASOLEVAD ELEKTRIARVESTUSSEADMED				Töö algusaeg: 9.00	
Arvesti tüüp	Arvesti nr	taatus	ü/k tegur	kohtade arv	asukoht
					KLK süsteem
Aktiiv üld	Aktiiv päev	Aktiiv öö	Võimsus	Reaktiiv tarbimine	Reaktiiv võrk
Programmkella / tariifiploki tüüp	Programmkella / tariifiploki nr.	Peakaitse suurus	Kaitse tüüp	Vool suletud	
		*	A		
Lisaseadmed					
Antenn: A-SISE					
MUDETUD ELEKTRIARVESTUSSEADMED					
Arvesti tüüp	Arvesti nr	taatus	ü/k tegur	kohtade arv	KLK süsteem
SMA410CT44.0089-53	51169357	01.16	1	8	
Aktiiv üld	Aktiiv päev	Aktiiv öö	Võimsus	Reaktiiv tarbimine	Reaktiiv võrk
	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
Programmkella / tariifiploki tüüp	Programmkella / tariifiploki nr.	Peakaitse suurus	Kaitse tüüp		
		*	A		
Modemi tüüp	Modemi nr.	GSM number	SIM number		
CU-452	51169357-2				
Objekti telefon	Arvesti asukoht	Vool suletud <input type="checkbox"/> / avatud <input checked="" type="checkbox"/>	alajaamast	liinist	
	ALAJAAMAS	<input type="checkbox"/> arvestist <input type="checkbox"/> juhtmest	kaitsemest, pl. nr		
PLOMMID					
Olemasolevad plommide numbrid		Paigaldatud plommide numbrid			
Arvesti	05686439; 05686441; 05686446				
PK					
Kell/taripl					
Mpunkt					
Märkused					
Töödekorraldaja:	Töö teostaja:	Töö lõpu aeg:	Töö kuupäev:	Kliendi allkiri teatise saamise kohta	
	EMPOWER AS	13.00	23.03.16		
TÜ koostas: MARINA JÕGEVA 23.02.2016 11:26			TÜ tagastamise aeg: lk.: 1/2		

34

LISA C. Näidis tellimus



EHITUS IP1636, ARE-PAR-239808

Randlane AJ (Tõstamaa)

Bilansiarvestite paigaldus

Tähtaeg 15.04.2016

Tellimuse liik

Töö liik Väiketöö

Tellimuse kirjeldus

Piloot tellimus - Mõõtesüsteemi ehitamine Randlane AJ mastalajaama trafofiidritele: 1. Mastalajaama mastile paigaldada 1-kohaline mõõtekilp (bilansiarvesti + kauglugemissüsteemi kontensaatori DC450 tarbeks). Mõõtekilbile ehitada nõuetekohane maandus ja tähistada unikaalselt. 2. Mõõtekilpi paigaldada teimiplokk ja bilansiarvesti SMA410CT44.0089 5A RS485. Arvesti ühendada läbi teimiploki. Arvesti on kättesaadav AS Esvikast. Enne arvesti kättesaamist on vaja edastada arvesti paigalduskoha ja voolutrafode ülekandeteguri info arvesti eelnevals programmeerimiseks. 3. Trafo TMGC 100 0,4 kV läbiviikudele paigaldada välispaigaldus mõõte-voolutrafod 150/5A vastavalt juhendile J3164. Ehitaja valib juhendit järgides kõige otstarbekama voolutrafode paigaldusviisi. Esimene partii (pool kogusest) välispaigaldusega voolutrafosid jõudis kohale. NB! Ehitaja saab vajalikud voolutrafod kätte Tallinnast, Laki 26 Pistrik I-V OÜ laost. 4. Mõõtejuhistik teostada vastavalt juhendile. 5. Markeerida mõõteahelad ja kaablid. 6. Määrata võrguanalüsaatoriga voolutrafodega mõõtesüsteemi täpsus ja esitada kontrolli akt. 7. Tööd peavad toimuma vastavalt ELV korrale (nõudeavaldus jms). Kui tööde käigus selgub vajadus muuta töömahtu, tuleb see kokku leppida tellimuse esitajaga. 8. Paigaldatav arvesti ühendada kontsentraatoriga juhtmega RS485 (toodud välja juhendis J293). 9. Teha fotod ja skeemiparandus.

Lisatingimused

- Mõõtekompleks peab vastama EE mõõtestandardile ja kohalikele lisanõuetele. NB! Alates 01.03.15 peavad kõik Elektrilevi ehituspartnerid peale S650 arvesti paigaldust töökohalhelistama Ericssoni klienditoe telefonil 6787 07 8. Kõne käigus tuvastatakse arvesti jakontsentraatori seerianumber ning võimalusel tehakse arvesti kauglugemise kontroll. Kõneesmärk on testida koheselt arvesti kauglugemist ja vajadusel kõrvaldada paigaldusvead. NB! Arvesti kauglugemise kontroll fikseerida tööülesandes märkuste lahtris.
- Kui tööde käigus selgub vajadus muuta Töö mahtu, tuleb see kokkuleppida tellimuse esitajaga.
- Enne tööde teostamist võtta ühendust projektijuhiga, kellega leppida kokku tööde teostamise aeg ja viis.
- Hankida ja paigaldada 2-tarifne arvestussüsteem ja koostada Tööülesanne.

Toitealajaam
AUDRU 110/35/10

Toitefiider
LIU:AUD

Jaotusalajaam
Randlane:(Tõstamaa)

Jaotusfiider

Kuraator

Lauri Lilleste, 56682725

Varahaldur

Sulev Jakson, 53226565

Partner

Empower AS

Teostaja projektijuht

Ain Talts, 5642985

Tellimuse koostaja

Maalepingute spetsialist

Kai Telve, 5114880

Detailandmed

Division/Osakond	Ehitusosakond ARE
Piirkond/sektoir	PAR PAR
Käidupiirkond	Tõstamaa TÕS
Raamlepingu piirkond	Pärnumaa
Hankelepingu number	110199
Tellimuse kuupäev	15.02.2016
Tähtaeg	15.04.2016
Projektkood	IP1636
RMP konto	18301
Pinge klass	0.4 kV

Tööteateid ei ole

LISA D. Näidis tellimus



EHITUS IP1636, ARE-PAR-239812

Urga:(Tõstamaa)

Bilansiarvestite paigaldus

Tähtaeg 15.04.2016

Tellimuse liik

Töö liik Väiketöö

Tellimuse kirjeldus

Piloot tellimus - Mõõtesüsteemi ehitamine Urga AJ mastalajaama trafofiidritele: 1. Mastalajaama mastile paigaldada 2-kohaline mõõtekilp (bilansiarvesti + kauglugemissüsteemi kontensaatori DC450 tarbeks). Mõõtekilbile ehitada nõuetekohane maandus ja tähistada unikaalselt. 2. Mõõtekilpi paigaldada teimiplokk ja bilansiarvesti SMA410CT44.0089 5A RS485. Arvesti ühendada läbi teimiploki. Arvesti on kättesaadav AS Esvikast. Enne arvesti kättesaamist on vaja edastada arvesti paigalduskoha ja voolutrafode ülekandeteguri info arvesti eelnevaks programmeerimiseks. 3. Trafo CTO160 0,4 kV läbiviikudele paigaldada välispaigaldus mõõte-voolutrafod 300/5A vastavalt juhendile J3164. Ehitaja valib juhendit järgides kõige otstarbekama voolutrafode paigaldusviisi. Esimene partii (pool kogusest) välispaigaldusega voolutrafosid jõudis kohale. NB! Ehitaja saab vajalikud voolutrafod kätte Tallinnast, Laki 26 Pistrik I-V OÜ laost. 4. Mõõtejuhistik teostada vastavalt juhendile. 5. Markeerida mõõteahelad ja kaablid. 6. Määrata võrguanalüsaatoriga voolutrafodega mõõtesüsteemi täpsus ja esitada kontrolli akt. 7. Tööd peavad toimuma vastavalt ELV korrale (nõudeavaldus jms). Kui tööde käigus selgub vajadus muuta töömahtu, tuleb see kokku leppida tellimuse esitajaga. 8. Paigaldatav arvesti ühendada kontsentraatoriga juhtmega RS485 (toodud välja juhendis J293). 9. Teha fotod ja skeemiparandus.

Lisatingimused

- Mõõtekompleks peab vastama EE mõõtestandardile ja kohalikele lisanõuetele. NB! Alates 01.03.15 peavad kõik Elektrilevi ehituspartnerid peale S650 arvesti paigaldust töökohalhelistama Ericssoni klienditoe telefonil 6787 07 8. Kõne käigus tuvastatakse arvesti jakontsentraatori seerianumber ning võimalusel tehakse arvesti kauglugemise kontroll. Kõneeesmärk on testida koheselt arvesti kauglugemist ja vajadusel kõrvaldada paigaldusvead. NB! Arvesti kauglugemise kontroll fikseerida tööülesandes märkuste lahtis.
- Kui tööde käigus selgub vajadus muuta Töö mahtu, tuleb see kokkuleppida tellimuse esitajaga.
- Enne tööde teostamist võtta ühendust projektijuhiga, kellega leppida kokku tööde teostamise aeg ja viis.
- Hankida ja paigaldada 2-tariifne arvestussüsteem ja koostada Tööülesanne
- .

Toitealajaam
AUDRU 110/35/10

Toitefiider
LIU:AUD

Jaotusalajaam
Urga:(Tõstamaa)

Jaotusfiider

Kuraator

Lauri Lilleste, 56682725

Varahaldur

Sulev Jakson, 53226565

Partner

Empower AS

Teostaja projektijuht

Ain Talts, 5642985

Tellimuse koostaja

Maalepingute spetsialist

Kai Telve, 5114880

Detailandmed

Division/Osakond	Ehitusosakond ARE
Piirkond/sekter	PAR PAR
Käidupiirkond	Tõstamaa TÕS
Raamlepingu piirkond	Pärnumaa
Hankelepingu number	110199
Tellimuse kuupäev	15.02.2016
Tähtaeg	15.04.2016
Projektkood	IP1636
RMP konto	18301
Pingeklass	0.4 kV

Tööteateid ei ole

LISA E. Madalpinge voolutrafodega mõõtesüsteemi akt

Elektrilevi OÜ	Kehtiv alates:	06.03.2015	Dokumendi tähis:	V236 / 3
----------------	----------------	------------	------------------	----------

MADALPINGE VOOLUTRAFODEGA MÕÕTESÜSTEEMI KONTROLI AKT

TÜ nr. 01403100

Mõõtepunkti EIC kood: 38ZEE-02915359-0 Kliendi nimi: URGA AJ

Mõõtepunkti pinge kV: 0,4

	Voolutrafode andmed
Tüüp	<u>MAK 62/40</u>
Voolutrafode ülekanne	<u>300/5</u>
Täpsusklass / Võimsus	<u>0,5 / 1,5 VA</u>

Lisakoormusena kasutatud seade:			Arvesti andmed ja näidud	Kontrollmõõteriista andmed ja näidud
nimivõimsusega:.....			tüüp: <u>SMA410CT 4.0089</u>	tüüp: KYORITSU KEW 6300
			Arv. nr. <u>51361858</u>	nr: 8115149
Arv. E600	ZMD410..09 SMA 410	Kontr. parameetrid	Arvesti	Kontrollmõõteriist
TRANS RATIO	0.4.2	VT ülekanne	<u>60</u>	X
I1	31.7	I_{L1}	<u>18.3</u>	<u>17.9</u>
I2	51.7	I_{L2}	<u>16.4</u>	<u>15.6</u>
I3	71.7	I_{L3}	<u>24.3</u>	<u>26.6</u>
U1	32.7	U_{L1}	<u>234</u>	<u>234</u>
U2	52.7	U_{L2}	<u>234</u>	<u>234</u>
U3	72.7	U_{L3}	<u>235</u>	<u>235</u>
PF1	33.7	$\cos \varphi (L1)$	<u>0.92</u>	<u>0.96</u>
PF2	53.7	$\cos \varphi (L2)$	<u>0.91</u>	<u>0.91</u>
PF3	73.7	$\cos \varphi (L3)$	<u>0.99</u>	<u>0.99</u>
A	16.7.0	ΣP	<u>0.0128</u>	<u>12.84</u>
R	131.7.0	ΣQ	<u>0.0037</u>	-
Võrdlusperioodil loetud imp. arv			<u>101</u>	X
Võrdlusperioodil fikseeritud kWh			W_{arv} : <u>606</u>	W_{va} : <u>608,6</u>
Energiakoguste mõõteerinevus $((W_{arv} - W_{va}) / W_{va}) \times 100$ <u>0.43</u> %				

ZMD..2409 SMA 410	Arvesti				
81.7.0	$\angle_{U_{L1}U_{L3}}$	<u>0</u>	81.7.4	φ_{L1}	<u>13</u>
81.7.1	$\angle_{U_{L2}U_{L3}}$	<u>120</u>	81.7.5	φ_{L2}	<u>24</u>
81.7.2	$\angle_{U_{L3}U_{L1}}$	<u>240</u>	81.7.6	φ_{L3}	<u>12</u>

Mõõteskeemi tähistused ja ühenduste õigsus on kontrollitud ja mõõtmata ahelad plommitud ☒

Märkused:

Kinnitan aktis fikseeritud andmete õigsust.

Mõõtesüsteemi kontrolli teostaja (nimi/allkiri):

EINAR TAAT, taat

Mõõtesüsteemi kontrolli teostaja ettevõtte:

Empower AS

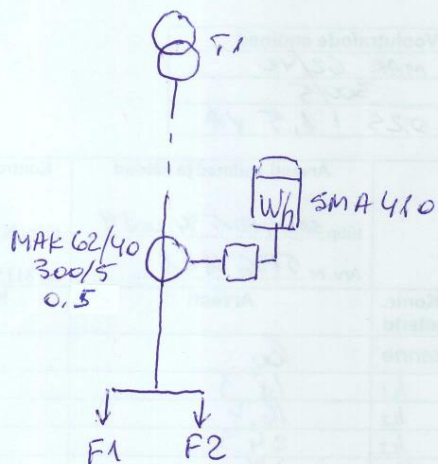
Lk: 1 / 2

LISA F. Madalpinge voolutrafodega mõõtesüsteemi akt

Elektrilevi OÜ Kehtiv alates: 06.03.2015 Dokumendi tähis: V236 / 3

Kontrolli kellaaeg ja kuupäev: 10.15.22.03 K.

Koostada vektordiagramm ja mõõtepunkti skeem:



Skeemi/vektordeagrammi koostaja nimi..... EINAR PAAT allkiri Paat

Lk: 2 / 2

LIHTLITSENTS

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ningjuhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Madis Hunt,

sünniaeg 07.05.1986,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö
ELEKTRILEVI OÜ 0,4 kV VOOLUTRAFODEGA MÕÕTESÜSTEEMID, KONTROLL
JA SELLE VAJALIKKUS,

mille juhendaja(d) on Kalev Jõgi ja Eugen Kokin,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
- kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

(allkiri)

Tartu, _____

(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)